

# 石川県の地域資源を利用したソフト漬物の開発

武春美\* 松田章\*

石川県の地域資源を活かした高齢者向けの新たな発酵食品の開発を目的に、本県の伝統発酵食品由来の乳酸菌6種類を用い、県産ブランド野菜である加賀野菜の中から代表的な「加賀れんこん」について、ソフト漬物の開発に取り組んだ。その結果、本県の伝統発酵食品から分離された乳酸菌6種類の中で、漬物に適したpH及び乳酸量を示した菌株は、ANP7-1のみであった。また、ANP7-1は、他の乳酸菌と比較すると、香りの種類が多く、芳醇な香りであった。そこで、ANP7-1により発酵した加賀れんこんに対し酵素処理を行い、漬物の試作をした結果、ユニバーサルデザインフードの「容易にかめる」分類に該当するソフト漬物が得られた。

キーワード：高齢者用食品，乳酸発酵，れんこん，酵素処理，ソフト漬物，ユニバーサルデザインフード

## Development of Soft Pickles Using Local Resources from Ishikawa Prefecture

Harumi Take and Akira Matsuda

Fermented foods are characteristic of Ishikawa Prefecture. In order to develop new types of fermented foods aimed at the elderly, we attempted to make soft pickled Kaga-renkon (a traditional vegetable (lotus root) grown in the Kanazawa area of Ishikawa Prefecture) using 6 kinds of lactic acid bacteria derived from traditional fermented foods. As a result, among the 6 types of lactic acid bacteria isolated from traditional fermented foods in this prefecture, ANP7-1 was the only strain that showed a pH and lactic acid amounts suitable for pickling. Of note, fermentation using ANP7-1 produced many varieties of aroma with a mellow scent compared with other lactic acid bacteria. Therefore, we produced soft pickles using enzymatic treatment of ANP7-1 fermented Kaga-renkon. As a result, the product was classified as 'easy to chew' according to the Universal Design Foods classification.

Keywords : foods for the elderly, lactic acid fermentation, lotus root, enzymatic treatment, soft pickles, universal design foods

### 1. 緒言

高齢者は、咀嚼機能が低下し、飲み込む力が弱くなるため、摂食・嚥下障害が多くみられる<sup>1)</sup>。このような高齢者向けの食事は、食べやすさが重視されることから、喫食できる食物の形態<sup>2)</sup>が限定され、食事の種類が少なくなり、食欲低下にも繋がっている。このような状況の中、食べる人の能力に応じた様々なタイプの高齢者・介護用のソフト食が製造販売されており<sup>3)</sup>、能力にあった食事を選択し、喫食できるようになってきた。

しかし、石川県内におけるソフト食の製造は、個人の摂食機能に合わせ、健常者食の形状を変化させた「刻み食」や「ペースト食」等の加工方法に留まって

いる。このような加工法によるものは、見た目が悪く、衛生管理が難しいため、形状を維持したままの柔らかい食品の加工法が求められている。

本県には、県産ブランド野菜(加賀野菜15品目<sup>8)</sup>、能登野菜17品目<sup>9)</sup>など)が多数存在し、古くから県民に親しまれてきた。これらの野菜は、種々の調理法が提案されているが、いずれも健常者向けの調理法に限られている。また、本県には鯔のなれずし、かぶら寿しなど様々な伝統発酵食品が存在し、我々はこれらの伝統発酵食品から機能性を有する乳酸菌を分離して、高付加価値な機能性食品の開発を行ってきた(H21～23年度都市エリア産学官連携促進事業(石川県央・北部エリア))<sup>10)</sup>。

これら乳酸菌を用い、県産ブランド野菜を柔らかく加工することにより、本県の地域資源を活かした新規

\*化学食品部

のソフト食の開発に繋がることが期待される。そこで、本研究では加賀野菜の中から代表的な「加賀れんこん」を用いて、漬物に適したpH4以下、かつ適度な酸味を有する発酵物を製造可能な乳酸菌の選定を行い、日本介護食品協議会が定める自主規格「ユニバーサルデザインフード<sup>11)</sup>」の基準に適合する高齢者が食べやすいソフト漬物の開発を行った。

## 2. 実験方法

### 2. 1 加賀れんこんの発酵試験と成分分析

#### 2. 1. 1 試料

加賀れんこんは、平成28年度に収穫された石川県金沢市産の市販品を用いた。

#### 2. 1. 2 乳酸菌

加賀れんこんの発酵に用いた乳酸菌は、都市エリア産学官連携促進事業で取得した鯔のなれずし由来4種類、かぶら寿し由来1種類、山麩酒母由来1種類の計6種類を用いた(表1)。

表1 加賀れんこんの発酵に用いた乳酸菌

乳酸菌種(菌株名)	分離源
<i>Lactobacillus plantarum</i> (ANP7-1株)	鯔のなれずし
<i>Lactobacillus brevis</i> (ANP7-6株)	鯔のなれずし
<i>Lactobacillus brevis</i> (AN2-2株)	鯔のなれずし
<i>Lactobacillus brevis</i> (AN3-5株)	鯔のなれずし
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> (KK201株)	かぶら寿し
<i>Leuconostoc citreum</i> (YP3-3株)	山麩酒母

#### 2. 1. 3 発酵方法

加賀れんこんを厚さ1cmの輪切りにし、重量の2倍量の水とともにバリア性包装材に入れて密閉し、煮沸殺菌後、直ちに冷却した。その後、包装材を一旦開封して乳酸菌を初発菌数 $10^5$ cfu/mlとなるように接種し、30℃の恒温器で48時間静置培養した。測定用試料は、培養前と24、48時間後の溶液部を用いた。

#### 2. 1. 4 pHと菌数測定

pHは、pHメーター(株堀場製作所, LAQUA)、乳酸菌数は、乳酸菌数測定用BCP加プレートカウントアガール(日水製薬株)を用いて測定した。

#### 2. 1. 5 有機酸分析

測定用試料をメンブランフィルター(孔径 $0.45\mu\text{m}$ )で

ろ過し、適宜希釈して有機酸分析装置(サーモフィッシャーサイエンスティフイック(株)製, ICS-2100)で分析した。

#### 2. 1. 6 遊離アミノ酸分析

測定用試料1mlに0.02N塩酸を加え、ろ液を10mlに定容し、アミノ酸分析計(株日立製作所製, L-8900)により定量した。

#### 2. 1. 7 香氣成分分析

測定用試料1.5gをバイアル内に入れ、オートサンプラー(ゲステル(株)製, MPS2)にて、40℃で保持したバイアル内ヘッドスペースの香氣成分をSPMEファイバー(Supelco製, DVB/Car/PDMS, 膜厚30m, 長さ10mm)で30分間抽出した。ファイバーに抽出した香氣成分をGC-MS(アジレント・テクノロジー(株)製, 7890A/5975C)により、カラム(DB-WAX; 60m $\times$ 0.25mm $\times$ 0.15 $\mu\text{m}$ )、注入口温度230℃、オープン温度40℃(10min保持) $\rightarrow$ 5℃/min $\rightarrow$ 230℃(12min保持)、スプリット比1:5の条件で分析した。香氣成分の同定は、マススペクトルのNIST/Wileyライブラリとの一致、リテンションインデックスのAroma Office(西川計測(株), ver. 3.00.03)データベースとの一致で確認した。

### 2. 2 選抜した乳酸菌によるソフト漬物の試作と評価

#### 2. 2. 1 ソフト漬物の試作

ソフト漬物の試作は、2. 1. 3 に示した方法により乳酸発酵した後、植物細胞壁崩壊酵素剤による軟化処理を行った<sup>12,13)</sup>。

#### 2. 2. 2 硬さの評価

硬さの評価は、レオメーター(株サン科学製, CR-500DX)を用いて、厚さ10mmに調製した試料を直径20mmのプランジャーで圧縮速度10mm/sec、クリアランスを試料厚さ30%の6mmとして測定した。なお、分析はn=3で実施し、平均値を示した。得られた結果は、日本介護食品協議会が定める自主規格「ユニバーサルデザインフード<sup>11)</sup>」の基準に従い評価した。

## 3. 結果及び考察

### 3. 1 加賀れんこんの発酵試験

#### 3. 1. 1 pH及び乳酸菌数

加賀れんこんの発酵試験の経時変化に伴うpH及び乳酸菌数を表2に示す。加賀れんこんの発酵試験の結果、いずれの乳酸菌においても発酵時間の経過に伴うpHの低下が認められた。このうち、ANP7-1, KK201, YP3-3は発酵24時間でpH4程度まで低下し、菌数が $10^{8-9}$  cfu/mlまで増加した。また、ANP7-6は、pH5程度まで低下し、菌数が $10^7$ cfu/mlまで増加した。これに対し、AN2-2, AN3-5は、pHの低下が小さく、菌数も300 cfu/ml以下であった。発酵48時間後は、いずれの乳酸菌もpHがやや低下したが、菌数の増加はみられなかった。

以上の結果より、以降の分析には、発酵が進んだANP7-1, ANP7-6, KK201, YP3-3の4種類の発酵48時間後の試料について検討した。なお、ANP7-1を除く菌株において48時間後の菌数が減少傾向を示したことは、耐酸性が弱く自ら生成した乳酸で死滅または増殖が抑制されたためであると考えられる。

表2 加賀れんこんの発酵試験におけるpH及び乳酸菌数

発酵時間 (h)	乳酸菌の種類					
	ANP7-1	ANP7-6	KK201	YP3-3	AN2-2	AN3-5
0	6.25	6.27	6.25	6.27	6.27	6.27
pH	3.90	5.14	4.13	4.35	5.89	6.01
48	3.55	4.80	4.03	3.95	5.59	5.44
乳酸菌数 (cfu/ml)						
0	$1.7 \times 10^7$	$6.4 \times 10^6$	$4.7 \times 10^6$	$2.4 \times 10^6$	$2.0 \times 10^6$	$3.8 \times 10^6$
24	$1.1 \times 10^9$	$7.0 \times 10^7$	$1.7 \times 10^9$	$1.1 \times 10^8$	<300	<300
48	$1.1 \times 10^9$	$5.2 \times 10^7$	$8.5 \times 10^7$	$9.0 \times 10^6$	<300	<300

### 3. 1. 2 有機酸分析結果

乳酸菌4種類の48時間後の発酵液について、有機酸分析を行った結果を表3に示す。発酵前は、乳酸が未検出であったが、発酵後は151~558mg/ml含まれており、乳酸発酵が進行したことが確認された。なお、乳酸の生成量は、ANP7-1が最も多く558mg/100ml、次いでYP3-3が297mg/100mlを示した。また、発酵前に多く含まれていたリンゴ酸及びクエン酸は、いずれも発酵後に大きく減少し、乳酸及び酢酸が増加した。これは、乳酸菌のリンゴ酸脱炭酸酵素(マロラクティック酵素)によってリンゴ酸が脱炭酸され、乳酸に変換されたことや<sup>14,15)</sup>、クエン酸代謝によりクエン酸が、ピルビン酸などを経て酢酸に変換されたためであると考えられる<sup>16)</sup>。

### 3. 1. 3 遊離アミノ酸分析結果

乳酸菌4種類の48時間後の発酵液について、遊離アミノ酸分析を行った結果、アスパラギンが383mg/100mlと最も多く含まれ、その他にアルギニン、アスパラギン酸、グルタミン、グルタミン酸等が含まれていた。このうち、グルタミンは、発酵時間の経過に伴い減少した。これは乳酸菌により資化されたものと考えられる<sup>17)</sup>。その他のアミノ酸は、3~37mg/100mlと低いレベルであり、発酵前後で大きな変化はなく、乳酸菌によるアミノ酸生成は認められなかった。

表3 48時間後における発酵液の有機酸組成

有機酸 (mg/100ml)	発酵前	乳酸菌			
		ANP7-1	ANP7-6	KK201	YP3-3
乳酸	未検出	558	151	159	297
酢酸	16	189	70	130	147
ピルビン酸	1	27	5	36	26
リンゴ酸	42	未検出	未検出	24	未検出
コハク酸	14	12	12	10	18
クエン酸	98	34	60	56	未検出

### 3. 1. 4 香気成分分析結果

乳酸菌4種類の48時間後の発酵液について、GC-MSを用いて香気成分分析を行った。その結果、すべての試料において多くの香り成分が検出された。ここでは、官能的に最も芳醇な香りが感じられたANP7-1の発酵液について、クロマトグラムを図1に示す。

発酵前の加賀れんこんは、れんこん由来のEthyl octanoate (no.5), ANP7-1の発酵物は、2,3-Butanedione(no.1), 2-Heptanone(no.2), Acetoin(no.3), 2-Nonanone(no.4), Ethyl octanoate (no.5), Acetic acid(no.6)が特徴的な成分として検出された。これらの成分のうち、Ethyl octanoate (no.5)は発酵後に減少したことや、発酵後に検出された成分はいずれも乳酸発酵特有の香り成分<sup>16)</sup>で発酵前に含まれないことから、ANP7-1の代謝によると考えられる。また、これら香り成分の特徴は、2,3-Butanedioneはシャープな甘さを持つバター様の香り、2-Heptanone及び2-Nonanoneはチーズ様の香り、Acetoinはクリーミーな甘さを伴ったバター様の香り、Acetic acidは刺激的な酢の香りを示している<sup>16)</sup>。これに対し、ANP7-6は、Acetoin, Acetic acid, Ethanol, 乳酸菌KK201及びYP3-3は、Acetic acid, Ethanolが検出されたが、乳酸発酵の主要な香り成分であるカルボニル化合物が検出されず、香気成分の種類、量ともに少なかった。

以上の結果より、ANP7-1は、乳酸発酵により生成する主要な香り成分である2,3-Butanedione, Acetoinに加え、2-Heptanone及び2-Nonanoneのカルボニル化合物が生成されることによって、他の3種類の乳酸菌と比較して、香味の幅が広がり、官能的にも芳醇な香りを示したと考えられる。なお、発酵前後にいずれも検出された2-ethylhexanol(no.7)については、発酵に用いた包装材由来の成分であると考えられる。

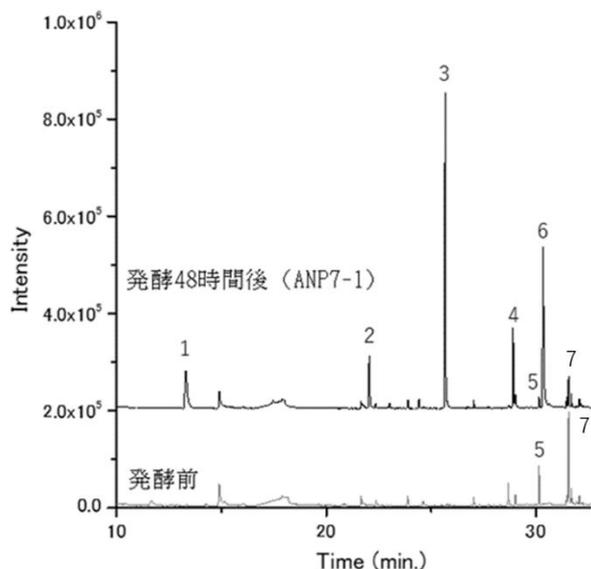


図1 ANP7-1における発酵前後のGC-MSクロマトグラム

### 3. 2 漬物のソフト食への利用評価

ANP7-1の発酵液は、558mg/100mlの乳酸を含有し、pH3.6を示した。参考として、本県の伝統的な漬物類には、500~1,500mg/100g程度の乳酸が含まれていることを報告している<sup>18)</sup>。また、厚生労働省の漬物規範<sup>19)</sup>には、pHは保存性の観点から4以下となるよう記されている。そこで、ANP7-1を用いて試作した加賀れんこんの漬物を酵素処理し、軟化を試みた。

その結果、加賀れんこんの硬さは、乳酸発酵工程で大きな変化はなく、その後の酵素処理工程で大きく低下し、 $8.0 \times 10^4$  N/m<sup>2</sup>を示した(表4)。この結果を日本介護食品協議会が定める自主規格「ユニバーサルデザインフード」<sup>11)</sup>の基準に基づいて評価すると、「容易にかめる」区分に該当していた。したがって、ANP7-1を

表4 加賀れんこんの漬物の物性評価

	発酵前	乳酸発酵後	乳酸発酵後 酵素処理
硬さ (N/m <sup>2</sup> )	$2.0 \times 10^5$	$2.1 \times 10^5$	$8.0 \times 10^4$

用いた加賀れんこんの漬物は、酵素処理することで高齢者用のソフト漬物として利用できることが示唆された。

## 4. 結 言

石川県の伝統発酵食品由来の乳酸菌を用い、県産ブランド野菜「加賀れんこん」について、ソフト漬物の開発を行い、以下の結果が得られた。

- (1) 石川県の伝統発酵食品から分離された乳酸菌6種類の中で、漬物に適したpH及び乳酸量を示した菌株は、ANP7-1のみであった。
- (2) ANP7-1は、他の乳酸菌と比較すると、香りの種類が多く、芳醇な香りであった。
- (3) ANP7-1を用い、酵素処理で試作したソフト漬物の硬さは、日本介護食品協議会のユニバーサルデザインフードの規格基準の「容易にかめる」区分に該当した。

したがって、本県の伝統発酵食品由来の乳酸菌であるANP7-1は、代表的な加賀野菜である「加賀れんこん」の発酵菌として有用であり、酵素処理を組み合わせることで高齢者用のソフト漬物を開発することが可能となった。

## 参考文献

- 1) 葛谷雅文. 高齢者の栄養評価と低栄養の対策. 日本老年医学会雑誌. 2003, vol. 40, no. 3, p. 199-203.
- 2) 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会医療検討委員会. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会嚥下調整食分類2013. 日本摂食・嚥下リハビリテーション学会誌. 2013, vol. 17, no. 3, p. 255-267.
- 3) キューピー(株). “やさしい献立”. <https://www.kewpie.co.jp/udfood/>, (参照 2020-07-01).
- 4) フジッコ(株). “ソフトデリ”. <https://www.fujicco.co.jp/softfood/>, (参照 2020-07-01).
- 5) イーエヌ大塚製菓(株). “あいーと”. <https://www.ieat.jp/>, (参照 2010-07-01).
- 6) マルハニチロ(株). “メディケア食品”. <https://www.medicare.maruha-nichiro.co.jp/>, (参照 2020-07-01).
- 7) ㈲フーズ・サプライ・イタミ. “介護食・やわらか食”. <http://www.foods-supply-itami.co.jp/soft/jelly/>, (参照 2020-07-01).
- 8) 金沢市農産物ブランド協会. “加賀野菜”. <http://www.kanazawakagayasai.com/>, (参照 2020-07-01).

- 9) 能登野菜振興協議会. “能登野菜”. <http://www.noto-yasai.jp/>, (参照 2020-07-01).
- 10) 文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラム都市エリア型 (一般, 石川県央・北部エリア) 平成23年度年度報告書. 文部科学省, 2011, 105p.
- 11) 日本介護食品協議会. “ユニバーサルデザインフード自主規格”. <https://www.udf.jp/outline/index.html>, (参照 2020-07-01).
- 12) 高橋智子, 大越ひろ. 酵素により軟化処理を施したごぼうの力学的特性と筋活動. 山梨県立大学人間福祉学部紀要. 2008, vol. 3, p. 1-7.
- 13) 上の山あつこ, 畦西克己, 吉村美紀. 煮大豆の物性・嗜好性・咀嚼性に及ぼす酵素と加熱条件の影響. 日本調理科学会誌. 2015, vol. 48, no. 5, p. 359-366.
- 14) 菊地政則, 中島幸一, 浅野行蔵, 高尾彰一. ニシン漬の発酵過程における微生物の動態におよぼす温度および食塩の影響. 日本食品科学工学会誌. 1996, vol. 43, no. 2, p. 176-180.
- 15) Breidt, F., Fleming, H. P.. Competitive growth of genetically marked malolactic-deficient *Lactobacillus plantarum* in cucumber fermentations. *Appl. Environ. Microbiol.* 1992, vol. 58, no. 12, p. 3845-3849.
- 16) 江本英司. 乳酸菌が生み出す香気とその活用. 日本乳酸菌学会誌. 2013, vol. 24, no. 2, p. 71-78.
- 17) 石川健一, 加藤丈雄, 小宮孝志. 低食塩漬物用の乳酸菌スターターカルチャーの開発. 日本食品科学工学会誌. 1999, vol. 46, no. 5, p. 311-318.
- 18) 武春美, 勝山陽子, 山田幸信, 道島俊英, 中村静夫, 榎本俊樹, 久田孝, 谷口肇. 石川県の伝統発酵食品の成分と機能性に関する研究. 石川県工業試験場研究報告. 2007, no. 56, p. 47-52.
- 19) 厚生労働省. “漬物の衛生規範”. [https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/gyousei/dl/130201\\_9-1.pdf](https://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/gyousei/dl/130201_9-1.pdf), (参照 2020-07-01).